

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-062677

(43)Date of publication of application : 13.03.2001

(51)Int.Cl.

B23Q 15/18  
G05B 19/404

(21)Application number : 11-237040

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 24.08.1999

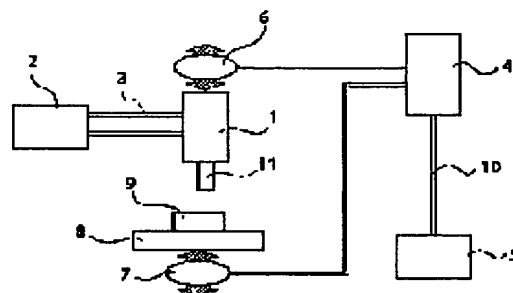
(72)Inventor : KUMAGAI KIYOHARU

## (54) MACHINING METHOD AND DEVICE IN MACHINE TOOL

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To compensate for the displacement quantity of a machining shaft generated by machining by finding the displacement quantity corresponding to the machining time of the machining shaft on the basis of registered relational data, and moving at least one of the machining shaft and a workpiece by the obtained displacement quantity to machine the workpiece.

**SOLUTION:** A data table indicating the relation between the thermal displacement quantity of a machining shaft 1 and elapsed time is previously prepared in every condition specified by the change of rotating speed before and after the change of the machining shaft 1, and registered in a computer 5. When a counter value (t) reaches the first correction timing, a command is sent to an NC device 4 to move a work table 8 in a receding direction from the machining shaft 1 by the thermal displacement quantity S corresponding to the correction timing in the data table. A W-shaft driving part 7 is thereby driven to move the work table 8 downward by a specified dimension to thereby compensate for the thermal displacement quantity caused by the rotation of the machining shaft 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the processing approach in the machine tool into which it is processed by compensating the amount of displacement produced on a processing shaft by amending the relative location of this processing shaft and a workpiece The registration process which registers the relational data in which the relation between floor to floor time and the amount of displacement of said processing shaft produced with processing is shown, Based on the relational data registered according to this registration process, the amount of displacement according to the floor to floor time of said processing shaft is calculated. The processing approach in the machine tool characterized by including the processing control process of only this amount of \*\*\*\*\* displacement moving either [ at least ] said processing shaft or said workpiece, and processing said workpiece.

[Claim 2] the variation rate of said processing shaft produced with said processing -- the heat to the processing shaft orientations which an amount originates in generation of heat of said processing shaft accompanying the drive of said processing shaft, and are produced -- the processing approach in the machine tool according to claim 1 characterized by being the amount of a variation rate.

[Claim 3] It is the processing approach in the machine tool according to claim 1 or 2 which registers two or more kinds of said registration processes as a table which set up said relational data for every processing conditions, and is characterized by said processing control process calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the processing conditions at the time of processing said workpiece.

[Claim 4] For said registration process, said processing control process is the processing approach in the machine tool according to claim 1 or 2 characterized by calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to [ register two or more kinds as a table set up for every combination of the processing conditions before and behind modification of said relational data, and ] the combination of these processing conditions and the last processing conditions.

[Claim 5] The processing approach in the machine tool according to claim 3 or 4 characterized by containing the rotational frequency of said processing shaft in said processing conditions.

[Claim 6] Migration of said processing shaft by said processing control process or said workpiece is the processing approach in a machine tool given in any 1 term of claims 1-5 characterized by the thing from which the predetermined amount of displacement arises on said processing shaft after processing initiation, and which is repeatedly performed for every time interval.

[Claim 7] The value of the amount of displacement of said processing shaft in said relational data is the processing approach in the machine tool according to claim 6 characterized by the thing from which said predetermined amount of displacement arises after processing initiation, and which is corresponded and set up for every time interval.

[Claim 8] Said predetermined amount of displacement is the processing approach in the machine tool according to claim 7 characterized by being set as a value small enough to the process tolerance of a request of said workpiece.

[Claim 9] said relational data -- the variation rate of said processing shaft -- the max from which an amount will be in equilibrium -- a variation rate -- an amount contains -- having -- said processing control process -- said processing shaft or the total movement magnitude of said workpiece -- said max -- a variation rate -- the processing approach in a machine tool given in any 1 term of claims 1-8 characterized by suspending migration of said processing shaft or said workpiece when an amount is reached.

[Claim 10] In the processing equipment in the machine tool into which it is processed by compensating the amount of displacement produced on a processing shaft by amending the relative location of this processing

shaft and a workpiece A registration means to register the relational data in which the relation between floor to floor time and the amount of displacement of said processing shaft produced with processing is shown, Based on the relational data registered by this registration means, the amount of displacement according to the floor to floor time of said processing shaft is calculated. Processing equipment in the machine tool characterized by having the processing control means which only this amount of \*\*\*\*\* displacement moves either [ at least ] said processing shaft or said workpiece, and processes said workpiece.

[Claim 11] the variation rate of said processing shaft produced with said processing -- the heat to the processing shaft orientations which an amount originates in generation of heat of said processing shaft accompanying the drive of said processing shaft, and are produced -- the processing equipment in the machine tool according to claim 10 characterized by being the amount of a variation rate.

[Claim 12] It is processing equipment in the machine tool according to claim 10 or 11 which registers two or more kinds of said registration means as a table which set up said relational data for every processing conditions, and is characterized by said processing control means calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the processing conditions at the time of processing said workpiece.

[Claim 13] For said registration means, said processing control means is processing equipment in the machine tool according to claim 10 or 11 characterized by calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to [ register two or more kinds as a table set up for every combination of the processing conditions before and behind modification of said relational data, and ] the combination of these processing conditions and the last processing conditions.

[Claim 14] Processing equipment in the machine tool according to claim 12 or 13 characterized by containing the rotational frequency of said processing shaft in said processing conditions.

[Claim 15] Migration of said processing shaft by said processing control means or said workpiece is processing equipment in a machine tool given in any 1 term of claims 10-14 characterized by the thing from which the predetermined amount of displacement arises on said processing shaft after processing initiation, and which is repeatedly performed for every time interval.

[Claim 16] The value of the amount of displacement of said processing shaft in said relational data is processing equipment in the machine tool according to claim 15 characterized by the thing from which said predetermined amount of displacement arises after processing initiation, and which is corresponded and set up for every time interval.

[Claim 17] Said predetermined amount of displacement is processing equipment in the machine tool according to claim 16 characterized by being set as a value small enough to the process tolerance of a request of said workpiece.

[Claim 18] said relational data -- the variation rate of said processing shaft -- the max from which an amount will be in equilibrium -- a variation rate -- an amount contains -- having -- said processing control means -- said processing shaft or the total movement magnitude of said workpiece -- said max -- a variation rate -- the processing equipment in a machine tool given in any 1 term of claims 10-17 characterized by suspending migration of said processing shaft or said workpiece when an amount is reached.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The field of the technique in which invention belongs] the heat which produces this invention on the processing shaft of a machine tool -- the variation rate by a variation rate etc. -- it is related with the processing approach and equipment in the machine tool with which an amount is compensated by amending the relative location of a processing shaft and a workpiece.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, with machine tools, such as a machining center, rotation tools, such as an end mill, are attached in processing shafts, such as a main shaft, a processing shaft is rotated, and it is made to process it into a workpiece. a processing shaft -- the rotational frequency -- abbreviation proportionality -- carrying out -- generating heat -- heat -- a variation rate (expansion) arises. Especially in a machining center, the variation rate of the axial direction is large and it becomes the big cause of a process tolerance fall of the depth direction of a workpiece. Therefore, by the processing approach in the conventional machine tool, there are some which were made to process it, cooling a processing shaft.

[0003] Drawing 4 is drawing showing the configuration of the processing equipment in the conventional machine tool. As shown in this drawing, the oil coolant cooled by predetermined temperature with the external cooler 102 is constituted so that it may circulate inside the processing shaft 101 via the processing shaft oil coolant circulation path 103. the heat according to generation of heat by this -- a variation rate is controlled.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since a setup of a rotational frequency changes variously with the diameter of a tool equipped with the processing shaft of a machine tool, the tool quality of the material, \*\*\*\*\*-ed, etc., calorific value is also different with it. On the other hand, in the above-mentioned conventional machine tool, it is going to cool to predetermined temperature uniformly with an external cooler. Consequently, the temperature which the heat of a processing shaft will be in equilibrium and is stabilized will change with rotational frequencies. namely, the heat of a processing shaft -- a variation rate -- in order to depend for an amount on a rotational frequency, the process tolerance of the depth direction of a workpiece falls in an uniform cooling mode. Although the precision dispersion changes with a machine or processing conditions, it is 20 micrometers - 50 micrometers, and is inconvenient to highly precise processing.

[0005] the heat according to a rotational frequency here -- the heat carry out a running in at a preheating rotational frequency higher than the rotational frequency at the time of actual processing in order to compensate a difference of a variation rate, and according to the rotational frequency at the time of actual processing -- a variation rate -- an amount -- abbreviation -- the target heat it is indifferent to it being fixed -- a variation rate -- after reaching an amount, the processing approach which was made to perform actual processing is also learned (JP,8-215981,A).

[0006] However, by this processing approach, the running in at the rotational frequency for which it was suitable whenever it could not perform actual processing and changed a setup of a rotational frequency until the running in in a preheating rotational frequency was completed was needed, and there was fault that prompt processing initiation could not be performed.

[0007] It is made in order that this invention may solve the problem of the above-mentioned conventional technique, and the purpose is to offer the processing approach and equipment in the machine tool which can compensate the amount of displacement of the processing shaft produced with processing, and can improve

process tolerance while being able to start processing promptly.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the processing approach in the machine tool of claim 1 of this invention In the processing approach in the machine tool into which it is processed by compensating the amount of displacement produced on a processing shaft by amending the relative location of this processing shaft and a workpiece The registration process which registers the relational data in which the relation between floor to floor time and the amount of displacement of said processing shaft produced with processing is shown, It is characterized by including the processing control process of calculating the amount of displacement according to the floor to floor time of said processing shaft based on the relational data registered according to this registration process, and only this amount of \*\*\*\*\* displacement moving either [ at least ] said processing shaft or said workpiece, and processing said workpiece.

[0009] the variation rate of said processing shaft which produces the processing approach in the machine tool of claim 2 of this invention with said processing in the configuration of the claim 1 above-mentioned publication in order to attain the same purpose -- the heat to the processing shaft orientations which an amount originates in generation of heat of said processing shaft accompanying the drive of said processing shaft, and are produced -- it is characterized by being the amount of a variation rate.

[0010] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 3 of this invention registers two or more kinds of said registration processes in a configuration above-mentioned claim 1 or given in two as a table which set up said relational data for every processing conditions, and said processing control process is characterized by to calculate the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the processing conditions at the time of processing said workpiece.

[0011] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 4 of this invention In a configuration above-mentioned claim 1 or given in two said registration process Two or more kinds are registered as a table set up for every combination of the processing conditions before and behind modification of said relational data, and said processing control process is characterized by calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the combination of these processing conditions and the last processing conditions.

[0012] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 5 of this invention is characterized by containing the rotational frequency of said processing shaft in said processing conditions in a configuration above-mentioned claim 3 or given in four.

[0013] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 6 of this invention is characterized by performing migration of said processing shaft by said processing control process, or said workpiece repeatedly for every time interval which the predetermined amount of displacement produces on said processing shaft after processing initiation in a configuration given in any 1 term of above-mentioned claims 1-5.

[0014] In order to attain the same purpose, it is characterized by for the processing approach in the machine tool of claim 7 of this invention corresponding for every time interval from which said predetermined amount of displacement produces the value of the amount of displacement of said processing shaft in said relational data after processing initiation in the configuration of the claim 6 above-mentioned publication, and being set up.

[0015] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 8 of this invention is characterized by setting said predetermined amount of displacement as a value small enough to the process tolerance of a request of said workpiece in the configuration of the claim 7 above-mentioned publication.

[0016] In order to attain the same purpose, the processing approach in the machine tool of claim 9 of this invention In a configuration given in any 1 term of above-mentioned claims 1-8 to said relational data the variation rate of said processing shaft -- the max from which an amount will be in equilibrium -- a variation rate -- an amount contains -- having -- said processing control process -- said processing shaft or the total movement magnitude of said workpiece -- said max -- a variation rate -- when an amount is reached, it is characterized by suspending migration of said processing shaft or said workpiece.

[0017] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 10 of this invention In the processing equipment in the machine tool into which it is processed by compensating the amount of displacement produced on a processing shaft by amending the relative location of this processing shaft and a workpiece A registration means to register the relational data in which the relation between floor

to floor time and the amount of displacement of said processing shaft produced with processing is shown, It is characterized by having the processing control means which the amount of displacement according to the floor to floor time of said processing shaft is calculated based on the relational data registered by this registration means, and only this amount of \*\*\*\*\* displacement moves either [ at least ] said processing shaft or said workpiece, and processes said workpiece.

[0018] the variation rate of said processing shaft which produces the processing equipment in the machine tool of claim 11 of this invention with said processing in the configuration of the claim 10 above-mentioned publication in order to attain the same purpose -- the heat to the processing shaft orientations which an amount originates in generation of heat of said processing shaft accompanying the drive of said processing shaft, and are produced -- it is characterized by being the amount of a variation rate.

[0019] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 12 of this invention registers two or more kinds of said registration means in a configuration above-mentioned claim 10 or given in 11 as a table which set up said relational data for every processing conditions, and said processing control means is characterized by to calculate the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the processing conditions at the time of processing said workpiece.

[0020] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 13 of this invention In a configuration above-mentioned claim 10 or given in 11 said registration means Two or more kinds are registered as a table set up for every combination of the processing conditions before and behind modification of said relational data, and said processing control means is characterized by calculating the amount of displacement of said processing shaft according to floor to floor time from the table corresponding to the combination of these processing conditions and the last processing conditions.

[0021] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 14 of this invention is characterized by containing the rotational frequency of said processing shaft in said processing conditions in a configuration above-mentioned claim 12 or given in 13.

[0022] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 15 of this invention is characterized by performing migration of said processing shaft by said processing control means, or said workpiece repeatedly for every time interval which the predetermined amount of displacement produces on said processing shaft after processing initiation in a configuration given in any 1 term of above-mentioned claims 10-14.

[0023] In order to attain the same purpose, it is characterized by for the processing equipment in the machine tool of claim 16 of this invention corresponding for every time interval from which said predetermined amount of displacement produces the value of the amount of displacement of said processing shaft in said relational data after processing initiation in the configuration of the claim 15 above-mentioned publication, and being set up.

[0024] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 17 of this invention is characterized by setting said predetermined amount of displacement as a value small enough to the process tolerance of a request of said workpiece in the configuration of the claim 16 above-mentioned publication.

[0025] In order to attain the same purpose, the processing equipment in the machine tool of claim 18 of this invention In a configuration given in any 1 term of above-mentioned claims 10-17 to said relational data the variation rate of said processing shaft -- the max from which an amount will be in equilibrium -- a variation rate -- an amount contains -- having -- said processing control means -- said processing shaft or the total movement magnitude of said workpiece -- said max -- a variation rate -- when an amount is reached, it is characterized by suspending migration of said processing shaft or said workpiece.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0027] Drawing 1 is the block diagram showing the outline configuration of the processing equipment in the machine tool concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[0028] This machine tool is constituted as the so-called machining center, and the processing equipment consists of the processing shaft 1 which is a main shaft, the external condensator 2, the processing shaft oil coolant circulation path 3, NC unit 4 (processing control means), a computer 5 (processing control means), the Z-axis mechanical component 6, W shaft mechanical component 7, a processing table 8, a work piece 9, and a data bus 10. The gestalt of this operation shows the example which processes it into a work piece 9 with the processing shaft 1.

[0029] It is combined with a non-illustrated motor and the processing shaft 1 rotates with directions of NC unit 4. The processing shaft 1 is equipped with the tools 11, such as an end mill. The processing shaft 1 is attached in the Z-axis mechanical component 6 again, and the Z-axis mechanical component 6 is connected to NC unit 4. The processing shaft 1 is constituted by the drive of the Z-axis mechanical component 6 based on control of NC unit 4 movable to the Z direction (this drawing vertical direction) (processing shaft orientations).

[0030] The processing shaft oil coolant circulation path 3 is further formed in the processing shaft 1, and the external condensator 2 is connected to the processing shaft 1 through this circulation path 3. The external condensator 2 builds in the pump (not shown) for carrying out circulation supply of the non-illustrated oil coolant, and it carries out circulation supply at the processing shaft oil coolant circulation path 3, controlling an oil coolant to predetermined laying temperature. The processing shaft 1 is cooled by circulation supply of the oil coolant by the external condensator 2, although the bearing (not shown) which constitutes it by rotation generates heat and the processing shaft 1 whole becomes high temperature.

[0031] The processing table 8 is constituted by the top face possible [ maintenance of a work piece (workpiece) 9 ]. The processing table 8 is attached in W shaft mechanical component 7, and W shaft mechanical component 7 is connected to NC unit 4. The processing table 8 is constituted by the drive of W shaft mechanical component 7 based on control of NC unit 4 movable to the Z direction.

[0032] NC unit 4 carries out drive control of the Z-axis mechanical component 6, W shaft mechanical component 7, and the processing shaft 1 grade, and controls processing actuation of this equipment. The personal computer 5 is connected to NC unit 4 through the data bus 10. The data table (relational data) mentioned later is stored and registered into the storage section of a computer 5 (registration process), and processing of a work piece 9 is controlled based on the above-mentioned data table. The counter for clocking time amount  $t$  is formed in the computer 5.

[0033] while rotating the processing shaft 1 in the case of processing of a work piece 9 and sending the processing shaft 1 caudad by the Z-axis mechanical component 6 -- W shaft mechanical component 7 -- the processing table 8 -- caudad -- sending -- the heat of the processing shaft 1 -- actuation of compensating a variation rate is performed.

[0034] Drawing 2 is drawing showing an example of the data table in the gestalt of this operation.

[0035] generation of heat according [ the processing shaft 1 ] to rotation -- expanding -- it -- the heat to a Z direction -- a variation rate -- an amount is generated. each data tables A, B, and C shown in this drawing (a), (b), and (c) differ the combination before and behind change of the rotational frequency of the processing shaft 1 -- making -- beforehand -- surveying -- obtaining -- the heat of the processing shaft 1 -- a variation rate -- an amount  $S$  (micrometer) and relation with the elapsed time  $T$  from the time of processing initiation (sec) are caught. the combination of the rotational frequency at the time of processing it in each data table the rotational frequency before modification of the processing shaft 1, and after this -- setting -- the heat of the processing shaft 1 -- a variation rate -- the value of the elapsed time  $T$  at the time whenever an amount  $S$  increases 1 micrometer is stored.

[0036] With this drawing (a), when it changes from 0 to 5000rpm (min-1), the combination of change of the rotational frequency of the processing shaft 1 shows the case where it changes from 8000 to 20000rpm, in this drawing (b) in this drawing (c), respectively, when it changes from 5000 to 8000rpm. For example, this drawing (a) shows that the case where processing is started by 5000rpm in the condition that the rotational frequency of the processing shaft 1 is 0 is shown, the amount  $S$  of heat displacement occurs after [ of processing initiation ] 36 seconds, and the 2 micrometers of the amounts  $S$  of heat displacement occur after [ of 1 micrometer and processing initiation ] 72 seconds. in addition, the heat of the processing shaft 1 -- a variation rate -- soon -- equilibrium -- reaching -- the max under the conditions -- a variation rate -- it becomes an amount and a variation rate stops. Especially the elapsed time  $T$  at that time is called a balancing time (search rate time amount)  $T_{max}$ , and a balancing time  $T_{max}$  is [ at a data table B ] 900 seconds for 720 seconds for 900 seconds in a data table A in a data table C, respectively.

[0037] In addition, as for the class of data table, it is desirable to set up much combination of the rotational frequency before and behind modification, and to carry out variety registration if possible. moreover, the heat it is indifferent in an amendment unit -- a variation rate -- in consideration of the process tolerance for which a work piece 9 is asked, for every proper time interval, an amount  $S$  corresponds and is set up. For example, if the amount  $S$  of heat displacement is set up with 1 micrometer (a predetermined variation rate amount) as a value small enough to the process tolerance of a request of a work piece 9, an amendment time interval will be set up so that the amount of displacement of the processing shaft 1 produced in the time interval of each amendment may be set to 1 micrometer.

[0038] next, the heat in the gestalt of this operation -- a variation rate -- the processing approach with which the amount was compensated is explained.

[0039] Drawing 3 is drawing showing the flow chart of the compensation processing processing in the gestalt of this operation. The control program for this processing activation is stored in the computer 5. By this processing, after performing processing by the  $\phi 16\text{mm}$  tool to the beginning, it explains taking the case of the case where it is processed into a degree by changing into a  $\phi 10\text{mm}$  tool. Processing by the  $\phi 16\text{mm}$  tool shall be completed in 320 seconds, and processing by the  $\phi 10\text{mm}$  tool shall be required 720 seconds or more.

[0040] First, if the automatic tool exchange instruction which NC unit 4 emits is made, according to it, a tool will be exchanged automatically (step S1). Here, the processing shaft 1 is equipped with a  $\phi 16\text{mm}$  tool. Subsequently, the setting rotational frequency N of the processing shaft 1 used for future processing is read from NC unit 4 (step S2). Here, 5000rpm is read as a rotational frequency N of a  $\phi 16\text{mm}$  tool.

[0041] Subsequently, the counter value (time amount) t of the counter in a computer 5 is reset, and a count is started at the same time it starts processing which was made to rotate the processing shaft 1 at the rotational frequency of read 5000rpm, and followed the program (step S3).

[0042] Subsequently, the data table corresponding to these processing conditions is chosen (step S4). Here, since the engine speed N of the processing shaft 1 changed from 0 to 5000rpm, a data table A (drawing 2 (a)) is selected as a proper data table. Subsequently, the balancing time Tmax in a data table A is read (step S5). Here, it is  $T_{\text{max}}=900\text{sec}$ .

[0043] subsequently, the heat corresponding to 36 seconds in a data table A if it progresses to step S6 and the counter value t reaches at 36 seconds which is the first amendment timing -- a variation rate -- an instruction is emitted to NC unit 4 in order to move the with an amount [ S ], i.e., 1 micrometer, processing table 8 in the direction which keeps away from the processing shaft 1. Thereby, W shaft mechanical component 7 drives and only 1 micrometer of processing tables 8 moves caudad. consequently, the interlocking depth to the work piece 9 of a tool 11 -- 1 micrometer -- shallow -- becoming -- the heat of the processing shaft 1 -- a variation rate is compensated (processing control process).

[0044] Subsequently, it distinguishes whether it is that the counter value t is less than the balancing time Tmax ( $t < T_{\text{max}}$ ) (step S7), and as a result of the distinction, when it is  $t < T_{\text{max}}$ , it progresses to step S8. Since it is immediately after  $t=36$ -second progress, an answer serves as "YES", and it progresses to step S8 at the beginning. Subsequently, at step S8, it distinguishes whether there was any next tool exchange instruction. Since a tool exchange instruction is not issued until 320 seconds pass, an answer serves as "NO" and returns aforementioned step S6 at the beginning. At next step S6, when the counter value t reaches at 72 seconds which is the amendment timing which is the 2nd time, 1-micrometer amendment is added like the above (one after another a time 108 seconds). To the progress of 320 seconds which processing completes, amendment per micrometer will be repeatedly performed in the above way.

[0045] If 320 seconds pass and processing by the tool which is  $\phi 16\text{mm}$  is completed, the result of distinction of said step S8 will serve as "YES", and will return to said step S1.

[0046] In addition, since it assumed that processing was completed in 320 seconds by this example, the answer of said step S7 is not set to "NO", but when processing business time amount is longer than a balancing time Tmax, the answer of said step S7 may be set to "YES." In that case, when the amendment by migration of the processing table 8 stops, namely, the processing table 8 stands by as it is and there is a next tool exchange instruction, it is made to return to said step S1 (step S9).

[0047] When 320 seconds pass and it returns from said step S8 to said step S1, tool exchange is performed according to an exchange instruction in the  $\phi 10\text{mm}$  tool which is the following tool (step S1).

[0048] And the setting rotational frequency N of the processing shaft 1 is read from NC unit 4 like the case of a  $\phi 16\text{mm}$  tool (step S2). Here, 8000rpm is read as a rotational frequency of a  $\phi 10\text{mm}$  tool.

[0049] Subsequently, the counter value (time amount) t of the counter in a computer 5 is reset, and a count is started at the same time it starts processing which was made to rotate the processing shaft 1 at the rotational frequency of read 8000rpm, and followed the program (step S3).

[0050] Subsequently, the data table corresponding to these processing conditions is chosen (step S4). Here, since the engine speed N of the processing shaft 1 changed from 5000 to 8000rpm, a data table B (drawing 2 (b)) is selected as a proper data table. Subsequently, the balancing time Tmax in a data table B is read (step S5). Here, it is  $T_{\text{max}}=720\text{sec}$ .

[0051] subsequently, the heat corresponding to 48 seconds in a data table B if it progresses to step S6 and the counter value t reaches at 48 seconds which is the first amendment timing -- a variation rate -- an instruction is emitted to NC unit 4 in order to move the with an amount [ S ], i.e., 1 micrometer, processing

table 8 in the direction which keeps away from the processing shaft 1. Subsequently, it distinguishes whether it is that the counter value  $t$  is less than the balancing time  $T_{\max}$  ( $t < T_{\max}$ ) (step S7), and as a result of the distinction, when it is  $t < T_{\max}$ , it progresses to step S8. Since it is immediately after  $t = 48$ -second progress, an answer serves as "YES", and it progresses to step S8 at the beginning. Subsequently, at step S8, it distinguishes whether there was any next tool exchange instruction.

[0052] In processing by the  $\phi 10$ mm tool, since [ the original assumption ] processing business time amount is 720 seconds or more, before setting to "YES" at step S8, when it is set to "NO" at step S7, therefore the counter value  $t$  reaches at 720 seconds, it will progress to said step S9 from said step S7. In step S9, the amendment by migration of the processing table 8 stops, namely, the processing table 8 stands by as it is. In this condition, the relative position of the processing shaft 1 and a work piece 9 changes only with processing delivery with the processing shaft 1. When there is a next tool exchange instruction, it returns to said step S1.

[0053] Thus, even if the engine speed  $N$  of the processing shaft 1 is changed by tool exchange etc. on the way, amendment by suitable timing and a suitable amount can be carried out by selecting a proper data table.

[0054] In addition, when the engine speed  $N$  of the processing shaft 1 is changed into 8000 to 20000rpm, a data table C ( drawing 2 (c)) is selected, and the same compensation processing as the above is made.

[0055] By such processing approach, the processing error of the depth direction generated about 20 micrometers came to be conventionally settled in about 5 micrometers.

[0056] It creates beforehand for every conditions on which the data table showing an amount  $S$  and relation with elapsed time  $T$  is specified at the rotational frequency before modification of the processing shaft 1, and the rotational frequency after modification. according to the gestalt of this operation -- the heat of the processing shaft 1 -- a variation rate -- it -- a computer 5 -- registering -- the time of processing -- this data table -- using -- heat -- a variation rate -- the heat which originates in rotation of the processing shaft 1 since the amount  $S$  was compensated -- a variation rate -- an amount can be compensated and the process tolerance of a work piece 9 can be improved. And since amendment is carried out from the time of processing initiation, a running in etc. is not needed but actual processing can be performed immediately. Moreover, since the data table was prepared for every combination of the engine speed before and behind modification, if the corresponding data table is registered even when processing conditions are changed on the way, compensation under the processing conditions can be performed appropriately.

[0057] moreover, the heat in a data table -- a variation rate -- since the amount  $S$  corresponded and was set up for every proper time interval, proper compensation can be aimed at by gradual amendment. Furthermore, since an amendment unit is set up in consideration of the process tolerance of a work piece 9, suitable compensation can be aimed at by amendment in the unit suitable for acquiring desired process tolerance. Moreover, since it was made to suspend amendment by migration of the processing table 8 when the counter value  $t$  reached the balancing time  $T_{\max}$ , fault amendment can be prevented.

[0058] therefore, the heat of the processing shaft produced with rotation while being able to start processing promptly -- a variation rate -- an amount can be compensated and process tolerance can be improved.

[0059] In addition, although the gestalt of this operation limited and explained to what depends the amount  $S$  of heat displacement on rotation of the processing shaft 1, it does not restrict to this, and if it is the amount of displacement of the processing shaft 1 produced with processing, it can apply, without asking a class and the displacement direction.

[0060] in addition -- the gestalt of this operation -- processing delivery -- migration of the processing shaft 1 -- carrying out -- heat -- a variation rate -- what is restricted to this although migration of the processing table 8 was made to perform delivery for amount compensation -- it is not -- either or the both sides of the processing shaft 1 and the processing table 8 -- processing delivery -- carrying out -- heat -- a variation rate -- it may be made delivery for amount compensation carrying out in either or the both sides of a processing shaft 1 and a processing table 8

[0061]

[Effect of the Invention] As explained above, while being able to start processing promptly according to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 10 in the machine tool concerning claim 1 of this invention, the amount of displacement of the processing shaft produced with processing can be compensated, and process tolerance can be improved.

[0062] the heat accompanying [ according to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 11 in the machine tool concerning claim 2 of this invention ] the drive of a

processing shaft -- a variation rate -- an amount can be compensated and process tolerance can be improved.

[0063] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 12 in the machine tool concerning claim 3 of this invention, the process tolerance under the processing conditions into which the table was registered can be improved.

[0064] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 13 in the machine tool concerning claim 4 of this invention, even when processing conditions are changed on the way, the process tolerance under the processing conditions of the combination before and behind registered modification can be improved.

[0065] the heat which originates in rotation of a processing shaft according to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 14 in the machine tool concerning claim 5 of this invention -- a variation rate -- an amount can be compensated and process tolerance can be improved.

[0066] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 15 in the machine tool concerning claim 6 of this invention, proper compensation can be aimed at by gradual amendment.

[0067] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 16 in the machine tool concerning claim 7 of this invention, proper compensation can be aimed at by gradual amendment.

[0068] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 17 in the machine tool concerning claim 8 of this invention, suitable compensation can be aimed at by amendment in the unit suitable for acquiring desired process tolerance.

[0069] According to the processing equipment in the machine tool concerning the processing approach or claim 18 in the machine tool concerning claim 9 of this invention, fault amendment can be prevented and suitable compensation can be aimed at.

---

[Translation done.]

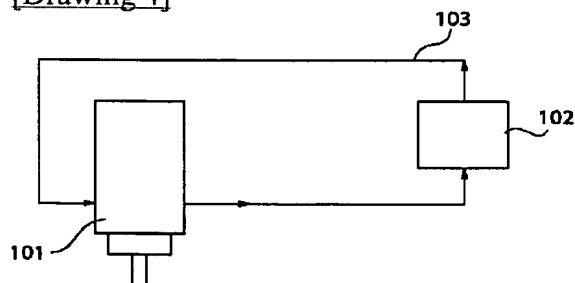
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

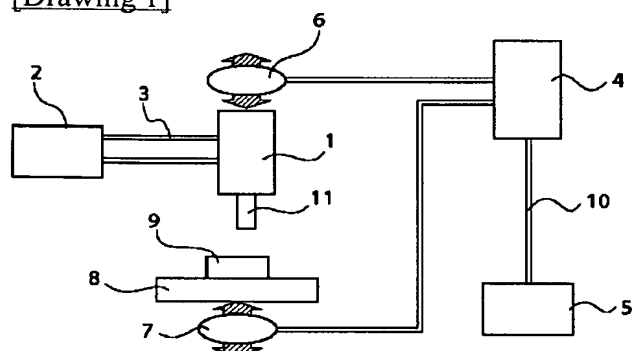
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 4]



[Drawing 1]



[Drawing 2]

テーブルA

(a)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	T (sec)	0	36	72	108	144	180	240	300	380	460	540	720	900 以上

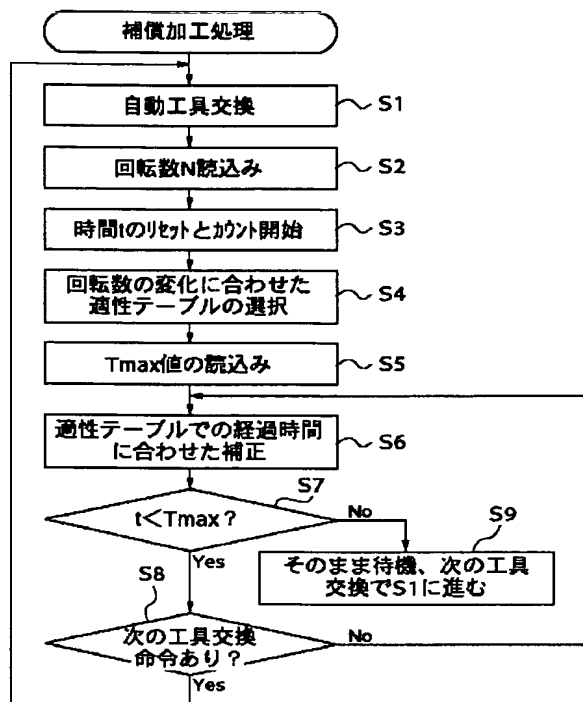
テーブルB

(b)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	T (sec)	0	48	96	144	192	240	400	560	720 以上

テーブルC

(c)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	T (sec)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	340	380	420	510	600	900 以上

[Drawing 3]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-62677  
(P2001-62677A)

(43) 公開日 平成13年3月13日 (2001.3.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 Q 15/18		B 2 3 Q 15/18	3 C 0 0 1
G 0 5 B 19/404		G 0 5 B 19/404	K 5 H 2 6 9

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-237040

(22) 出願日 平成11年8月24日 (1999.8.24)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 熊谷 清春

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 100081880

弁理士 渡部 敏彦

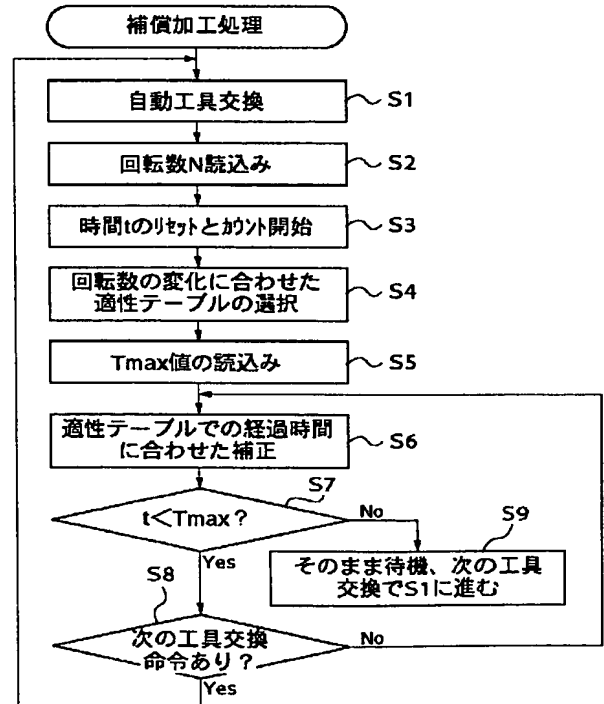
Fターム(参考) 3C001 KA05 KB09 TA02 TB02 TD03  
5H269 AB31 BB17 EE03 EE11 HH06  
QB15

(54) 【発明の名称】 工作機械における加工方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 速やかに加工を開始することができると共に、加工に伴って生じる加工軸の変位量を補償して加工精度を向上することができる工作機械における加工方法及び装置を提供する。

【解決手段】 加工に使用される加工軸1の設定回転数Nを読み込み、今回の加工条件の変化に対応するデータテーブル（例えば回転数Nが0から5000rpmに変化した場合はデータテーブルA（図2（a）））を適正データテーブルとして選定する。カウンタ値tが36秒に達したら、選定したデータテーブルAにおける36秒に対応する熱変位量S（1μm）だけ加工テーブル8を加工軸1から遠ざかる方向に移動させる。これにより、加工軸1の熱変位が補償される。その後、加工開始から36秒、72秒、108秒、、、というような時間間隔で加工テーブル8が1μmずつマイナス補正される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工軸に生じる変位量を該加工軸と被加工物との相対的位置を補正することにより補償して加工を行う工作機械における加工方法において、加工時間と加工に伴って生じる前記加工軸の変位量との関係を示す関係データを登録する登録工程と、該登録工程により登録された関係データに基づいて前記加工軸の加工時間に応じた変位量を求め、該求めた変位量だけ前記加工軸及び前記被加工物の少なくとも一方を移動して前記被加工物を加工する加工制御工程とを含むことを特徴とする工作機械における加工方法。

【請求項 2】 前記加工に伴って生じる前記加工軸の変位量は、前記加工軸の駆動に伴う前記加工軸の発熱に起因して生じる加工軸方向への熱変位の量であることを特徴とする請求項 1 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 3】 前記登録工程は、前記関係データを加工条件毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御工程は、前記被加工物を加工する際の加工条件に対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 4】 前記登録工程は、前記関係データを変更前後の加工条件の組み合わせ毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御工程は、今回の加工条件と前回の加工条件との組み合わせに対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 5】 前記加工条件には、前記加工軸の回転数が含まれることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 6】 前記加工制御工程による前記加工軸または前記被加工物の移動は、加工開始後、前記加工軸に所定の変位量が生じる時間間隔毎に繰り返し行われることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の工作機械における加工方法。

【請求項 7】 前記関係データにおける前記加工軸の変位量の値は、加工開始後、前記所定の変位量が生じる時間間隔毎に対応して設定されていることを特徴とする請求項 6 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 8】 前記所定の変位量は、前記被加工物の所望の加工精度に対して十分に小さい値に設定されることを特徴とする請求項 7 記載の工作機械における加工方法。

【請求項 9】 前記関係データには、前記加工軸の変位量が平衡状態となる最大変位量が含まれ、前記加工制御工程は、前記加工軸または前記被加工物の総移動量が前記最大変位量に達した場合は、前記加工軸または前記被加工物の移動を停止することを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の工作機械における加工方法。

【請求項 10】 加工軸に生じる変位量を該加工軸と被加工物との相対的位置を補正することにより補償して加工を行う工作機械における加工装置において、加工時間と加工に伴って生じる前記加工軸の変位量との関係を示す関係データを登録する登録手段と、該登録手段により登録された関係データに基づいて前記加工軸の加工時間に応じた変位量を求め、該求めた変位量だけ前記加工軸及び前記被加工物の少なくとも一方を移動して前記被加工物を加工する加工制御手段とを備えたことを特徴とする工作機械における加工装置。

【請求項 11】 前記加工に伴って生じる前記加工軸の変位量は、前記加工軸の駆動に伴う前記加工軸の発熱に起因して生じる加工軸方向への熱変位の量であることを特徴とする請求項 10 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 12】 前記登録手段は、前記関係データを加工条件毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御手段は、前記被加工物を加工する際の加工条件に対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 13】 前記登録手段は、前記関係データを変更前後の加工条件の組み合わせ毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御手段は、今回の加工条件と前回の加工条件との組み合わせに対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 14】 前記加工条件には、前記加工軸の回転数が含まれることを特徴とする請求項 12 または 13 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 15】 前記加工制御手段による前記加工軸または前記被加工物の移動は、加工開始後、前記加工軸に所定の変位量が生じる時間間隔毎に繰り返し行われることを特徴とする請求項 10～14 のいずれか 1 項に記載の工作機械における加工装置。

【請求項 16】 前記関係データにおける前記加工軸の変位量の値は、加工開始後、前記所定の変位量が生じる時間間隔毎に対応して設定されていることを特徴とする請求項 15 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 17】 前記所定の変位量は、前記被加工物の所望の加工精度に対して十分に小さい値に設定されることを特徴とする請求項 16 記載の工作機械における加工装置。

【請求項 18】 前記関係データには、前記加工軸の変位量が平衡状態となる最大変位量が含まれ、前記加工制御手段は、前記加工軸または前記被加工物の総移動量が前記最大変位量に達した場合は、前記加工軸または前記被加工物の移動を停止することを特徴とする請求項 10～17 のいずれか 1 項に記載の工作機械における加工装置。

置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、工作機械の加工軸に生じる熱変位等による変位量を、加工軸と被加工物との相対的位置を補正することにより補償する工作機械における加工方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、マシニングセンター等の工作機械では、主軸等の加工軸にエンドミル等の回転工具を取付け、加工軸を回転させて被加工物に加工を施すようにしている。加工軸は、その回転数に略比例して発熱し、熱変位（膨張）が生じる。マシニングセンターでは特にアキシャル方向の変位が大きく、それが被加工物の深さ方向の加工精度低下の大きな原因となる。そのため従来の工作機械における加工方法では、加工軸を冷却しつつ加工を行うようにしたものがある。

【0003】図4は、従来の工作機械における加工装置の構成を示す図である。同図に示すように、外部冷却機102により所定温度に冷却された冷却油が、加工軸冷却油循環経路103を経由して加工軸101の内部に循環するように構成されている。これにより、発熱による熱変位が抑制される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、工作機械の加工軸は、装着される工具径、工具材質、被削材質等によって回転数の設定が種々異なるから、発熱量もそれによって相違する。一方、上記従来の工作機械では外部冷却機により一律に所定温度に冷却しようとする。その結果、加工軸の熱が平衡状態となって安定する温度が回転数によって異なることになる。すなわち、加工軸の熱変位量は回転数に依存するため、一律の冷却態様では被加工物の深さ方向の加工精度が低下する。その精度ばらつきは、機械や加工条件によって異なるが、 $20\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ であり、高精度な加工に対しては支障がある。

【0005】ここで、回転数による熱変位の相違を補償するために、実際の加工時の回転数より高い予備加熱回転数でならし運転して、実際の加工時の回転数による熱変位量が略一定となる目標熱変位量に達してから実際の加工を行うようにした加工方法も知られている（特開平8-215981号公報）。

【0006】しかしながら、この加工方法では、予備加熱回転数でならし運転が完了するまで実際の加工を行えず、また、回転数の設定を変更する度に適した回転数によるならし運転が必要となり、速やかな加工開始ができないという不具合があった。

【0007】本発明は上記従来技術の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、速やかに加工を開始することができると共に、加工に伴って生じる加工

軸の変位量を補償して加工精度を向上することができる工作機械における加工方法及び装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の請求項1の工作機械における加工方法は、加工軸に生じる変位量を該加工軸と被加工物との相対的位置を補正することにより補償して加工を行う工作機械における加工方法において、加工時間と加工に伴って生じる前記加工軸の変位量との関係を示す関係データを登録する登録工程と、該登録工程により登録された関係データに基づいて前記加工軸の加工時間に応じた変位量を求め、該求めた変位量だけ前記加工軸及び前記被加工物の少なくとも一方を移動して前記被加工物を加工する加工制御工程とを含むことを特徴とする。

【0009】同じ目的を達成するために本発明の請求項2の工作機械における加工方法は、上記請求項1記載の構成において、前記加工に伴って生じる前記加工軸の変位量は、前記加工軸の駆動に伴う前記加工軸の発熱に起因して生じる加工軸方向への熱変位の量であることを特徴とする。

【0010】同じ目的を達成するために本発明の請求項3の工作機械における加工方法は、上記請求項1または2記載の構成において、前記登録工程は、前記関係データを加工条件毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御工程は、前記被加工物を加工する際の加工条件に対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする。

【0011】同じ目的を達成するために本発明の請求項4の工作機械における加工方法は、上記請求項1または2記載の構成において、前記登録工程は、前記関係データを変更前後の加工条件の組み合わせ毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御工程は、今回の加工条件と前回の加工条件との組み合わせに対応するテーブルから加工時間に応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする。

【0012】同じ目的を達成するために本発明の請求項5の工作機械における加工方法は、上記請求項3または4記載の構成において、前記加工条件には、前記加工軸の回転数が含まれることを特徴とする。

【0013】同じ目的を達成するために本発明の請求項6の工作機械における加工方法は、上記請求項1～5のいずれか1項に記載の構成において、前記加工制御工程による前記加工軸または前記被加工物の移動は、加工開始後、前記加工軸に所定の変位量が生じる時間間隔毎に繰り返行われることを特徴とする。

【0014】同じ目的を達成するために本発明の請求項7の工作機械における加工方法は、上記請求項6記載の構成において、前記関係データにおける前記加工軸の変位量の値は、加工開始後、前記所定の変位量が生じる時

間隔毎に対応して設定されていることを特徴とする。

【0015】同じ目的を達成するために本発明の請求項 8 の工作機械における加工方法は、上記請求項 7 記載の構成において、前記所定の変位量は、前記被加工物の所望の加工精度に対して十分に小さい値に設定されることを特徴とする。

【0016】同じ目的を達成するために本発明の請求項 9 の工作機械における加工方法は、上記請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の構成において、前記関係データには、前記加工軸の変位量が平衡状態となる最大変位量が  
10 含まれ、前記加工制御工程は、前記加工軸または前記被加工物の総移動量が前記最大変位量に達した場合は、前記加工軸または前記被加工物の移動を停止することを特徴とする。

【0017】同じ目的を達成するために本発明の請求項 10 の工作機械における加工装置は、加工軸に生じる変位量を該加工軸と被加工物との相対的位置を補正することにより補償して加工を行う工作機械における加工装置において、加工時間と加工に伴って生じる前記加工軸の変位量との関係を示す関係データを登録する登録手段  
20 と、該登録手段により登録された関係データに基づいて前記加工軸の加工時間に応じた変位量を求め、該求めた変位量だけ前記加工軸及び前記被加工物の少なくとも一方を移動して前記被加工物を加工する加工制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0018】同じ目的を達成するために本発明の請求項 11 の工作機械における加工装置は、上記請求項 10 記載の構成において、前記加工に伴って生じる前記加工軸の変位量は、前記加工軸の駆動に伴う前記加工軸の発熱に起因して生じる加工軸方向への熱変位の量であることを  
30 特徴とする。

【0019】同じ目的を達成するために本発明の請求項 12 の工作機械における加工装置は、上記請求項 10 または 11 記載の構成において、前記登録手段は、前記関係データを加工条件毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御手段は、前記被加工物を加工する際の加工条件に対応するテーブルから加工時間に  
40 応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする。

【0020】同じ目的を達成するために本発明の請求項 13 の工作機械における加工装置は、上記請求項 10 または 11 記載の構成において、前記登録手段は、前記関係データを変更前後の加工条件の組み合わせ毎に設定したテーブルとして複数種類登録し、前記加工制御手段は、今回の加工条件と前回の加工条件との組み合わせに対応するテーブルから加工時間に  
50 応じた前記加工軸の変位量を求めることを特徴とする。

【0021】同じ目的を達成するために本発明の請求項 14 の工作機械における加工装置は、上記請求項 12 または 13 記載の構成において、前記加工条件には、前記加工軸の回転数が含まれることを特徴とする。

【0022】同じ目的を達成するために本発明の請求項 15 の工作機械における加工装置は、上記請求項 10～14 のいずれか 1 項に記載の構成において、前記加工制御手段による前記加工軸または前記被加工物の移動は、加工開始後、前記加工軸に所定の変位量が生じる時間間隔毎に繰り返し行われることを特徴とする。

【0023】同じ目的を達成するために本発明の請求項 16 の工作機械における加工装置は、上記請求項 15 記載の構成において、前記関係データにおける前記加工軸の変位量の値は、加工開始後、前記所定の変位量が生じる時間間隔毎に対応して設定されていることを特徴とする。

【0024】同じ目的を達成するために本発明の請求項 17 の工作機械における加工装置は、上記請求項 16 記載の構成において、前記所定の変位量は、前記被加工物の所望の加工精度に対して十分に小さい値に設定されることを特徴とする。

【0025】同じ目的を達成するために本発明の請求項 18 の工作機械における加工装置は、上記請求項 10～17 のいずれか 1 項に記載の構成において、前記関係データには、前記加工軸の変位量が平衡状態となる最大変位量が含まれ、前記加工制御手段は、前記加工軸または前記被加工物の総移動量が前記最大変位量に達した場合は、前記加工軸または前記被加工物の移動を停止することを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0027】図 1 は、本発明の一実施の形態に係る工作機械における加工装置の概略構成を示すブロック図である。

【0028】本工作機械はいわゆるマシニングセンターとして構成され、その加工装置は、主軸である加工軸 1、外部冷却器 2、加工軸冷却油循環経路 3、NC 装置 4（加工制御手段）、コンピュータ 5（加工制御手段）、Z 軸駆動部 6、W 軸駆動部 7、加工テーブル 8、ワーク 9 及びデータバス 10 で構成される。本実施の形態では、加工軸 1 によりワーク 9 に加工を施す例を示す。

【0029】加工軸 1 は、不図示のモータに結合され、NC 装置 4 の指示により回転する。加工軸 1 には、エンドミル等の工具 11 が装着される。加工軸 1 はまた、Z 軸駆動部 6 に取り付けられ、Z 軸駆動部 6 は NC 装置 4 に接続されている。加工軸 1 は、NC 装置 4 の制御に基づく Z 軸駆動部 6 の駆動により Z 方向（同図上下方向）（加工軸方向）へ移動可能に構成されている。

【0030】加工軸 1 にはさらに、加工軸冷却油循環経路 3 が設けられており、加工軸 1 にはこの循環経路 3 を介して外部冷却器 2 が接続されている。外部冷却器 2 は、不図示の冷却油を循環供給するためのポンプ（図示

せず)を内蔵し、冷却油を所定の設定温度に制御しつつ加工軸冷却油循環経路3に循環供給する。加工軸1は、回転によりそれを構成するベアリング(図示せず)等が発熱し、加工軸1全体が高熱になるが、外部冷却器2による冷却油の循環供給により冷却される。

【0031】加工テーブル8は、上面にワーク(被加工物)9を保持可能に構成されている。加工テーブル8は、W軸駆動部7に取り付けられ、W軸駆動部7はNC装置4に接続されている。加工テーブル8は、NC装置4の制御に基づくW軸駆動部7の駆動によりZ方向へ移動可能に構成されている。

【0032】NC装置4はZ軸駆動部6、W軸駆動部7、加工軸1等を駆動制御して本装置の加工動作を制御する。NC装置4には、データバス10を介してパーソナルコンピュータ5が接続されている。コンピュータ5の記憶部には後述するデータテーブル(関係データ)が格納、登録されており(登録工程)、ワーク9の加工は上記データテーブルに基づいて制御される。コンピュータ5には、時間tを計時するためのカウンタが設けられている。

【0033】ワーク9の加工の際は、加工軸1を回転させてZ軸駆動部6により加工軸1を下方に送る一方、W軸駆動部7により加工テーブル8を下方に送って加工軸1の熱変位を補償するという動作を行う。

【0034】図2は、本実施の形態におけるデータテーブルの一例を示す図である。

【0035】加工軸1は、回転による発熱によって膨張し、それがZ方向への熱変位量を発生させる。同図

(a)、(b)、(c)に示す各データテーブルA、B、Cは、加工軸1の回転数の変化前後の組み合わせを異ならせて予め実測して得たものであり、加工軸1の熱変位量S( $\mu\text{m}$ )と加工開始時からの経過時間T(sec)との関係をとらえたものである。各データテーブルでは、加工軸1の変更前の回転数及びこれから加工する際の回転数の組み合わせにおいて、加工軸1の熱変位量Sが $1\mu\text{m}$ 増加するたびにその時点における経過時間Tの値が格納されている。

【0036】加工軸1の回転数の変化の組み合わせは、同図(a)では0から5000rpm( $\text{min}^{-1}$ )に変化した場合、同図(b)では5000から8000rpmに変化した場合、同図(c)では8000から20000rpmに変化した場合をそれぞれ示す。例えば同図(a)では、加工軸1の回転数が0である状態で5000rpmにて加工を開始した場合を示し、加工開始から36秒後には熱変位量Sが $1\mu\text{m}$ 、加工開始から72秒後には熱変位量Sが $2\mu\text{m}$ 発生することがわかる。なお、加工軸1の熱変位はやがて平衡状態に達し、その条件下での最大変位量となって変位が止まる。そのときの経過時間Tを特に平衡時間(サーチレート時間)Tmaxと称し、平衡時間Tmaxはそれぞれ、データテー

ブルAでは900秒、データテーブルBでは720秒、データテーブルCでは900秒である。

【0037】なお、データテーブルの種類は変更前後の回転数の組み合わせを多数設定し、なるべく多種類登録しておくのが望ましい。また、補正単位となる熱変位量Sは、ワーク9に求められる加工精度を考慮して適正な時間間隔毎に対応して設定される。例えば、ワーク9の所望の加工精度に対して十分に小さい値として熱変位量Sを $1\mu\text{m}$ (所定の変位量)と設定したなら、各補正の時間間隔で生じる加工軸1の変位量が $1\mu\text{m}$ となるように補正時間間隔を設定する。

【0038】次に、本実施の形態における熱変位量を補償した加工方法を説明する。

【0039】図3は、本実施の形態における補償加工処理のフローチャートを示す図である。本処理実行のための制御プログラムはコンピュータ5に格納されている。本処理では、最初に $\Phi 16\text{mm}$ の工具による加工を行った後、次に $\Phi 10\text{mm}$ の工具に変更して加工を行う場合を例にとって説明する。 $\Phi 16\text{mm}$ の工具による加工は、320秒で完了し、 $\Phi 10\text{mm}$ の工具による加工は、720秒以上要するものとする。

【0040】まず、NC装置4が発する自動工具交換命令がなされると、それに従って工具を自動交換する(ステップS1)。ここでは、 $\Phi 16\text{mm}$ の工具が加工軸1に装着される。次いで、これからの加工に使用される加工軸1の設定回転数NをNC装置4から読み込む(ステップS2)。ここでは、 $\Phi 16\text{mm}$ の工具の回転数Nとして5000rpmが読み込まれる。

【0041】次いで、読み込んだ5000rpmの回転数で加工軸1を回転させてプログラムに従った加工を開始すると同時に、コンピュータ5内のカウンタのカウンタ値(時間)tをリセットしてカウントを開始する(ステップS3)。

【0042】次いで、今回の加工条件に合致したデータテーブルを選択する(ステップS4)。ここでは、加工軸1の回転数Nが0から5000rpmに変化したから、データテーブルA(図2(a))が適正データテーブルとして選定される。次いで、データテーブルAにおける平衡時間Tmaxを読み込む(ステップS5)。ここではTmax=900secである。

【0043】次いで、ステップS6に進み、カウンタ値tが最初の補正タイミングである36秒に達したら、データテーブルAにおける36秒に対応する熱変位量S、すなわち $1\mu\text{m}$ だけ加工テーブル8を加工軸1から遠ざかる方向に移動させるべく、NC装置4に命令を発する。これにより、W軸駆動部7が駆動され、加工テーブル8が下方に $1\mu\text{m}$ だけ移動する。その結果、工具11のワーク9への食い込み深さが $1\mu\text{m}$ 浅くなり、加工軸1の熱変位が補償される(加工制御工程)。

【0044】次いで、カウンタ値tが平衡時間Tmax

以内である ( $t < T_{max}$ ) か否かを判別し (ステップ S 7)、その判別の結果、 $t < T_{max}$  である場合はステップ S 8 に進む。当初は  $t = 36$  秒経過直後であるので答が「YES」となり、ステップ S 8 に進む。次いで、ステップ S 8 では、次の工具交換命令があったか否かを判別する。320 秒が経過するまでは工具交換命令が出されないの、当初は答が「NO」となり、前記ステップ S 6 戻る。次回のステップ S 6 では、カウンタ値  $t$  が 2 回目の補正タイミングである 72 秒に達したときに (次々回では 108 秒) 上記と同様に  $1 \mu m$  の補正が

【0045】320 秒が経過し、 $\Phi 16 mm$  の工具での加工が完了すると、前記ステップ S 8 の判別の結果が「YES」となり、前記ステップ S 1 に戻る。

【0046】なお、本例では 320 秒で加工が完了すると仮定したので、前記ステップ S 7 の答が「NO」になることはないが、加工所用時間が平衡時間  $T_{max}$  より長い場合は、前記ステップ S 7 の答が「YES」になる

【0047】320 秒が経過して前記ステップ S 8 から前記ステップ S 1 に戻った場合は、次の工具である  $\Phi 10 mm$  の工具への交換命令に従い工具交換を行う (ステップ S 1)。

【0048】そして、 $\phi 16 mm$  の工具の場合と同様に、加工軸 1 の設定回転数  $N$  を NC 装置 4 から読み込む (ステップ S 2)。ここでは、 $\Phi 10 mm$  の工具の回転数として 8000 rpm が読み込まれる。

【0049】次いで、読み込んだ 8000 rpm の回転数で加工軸 1 を回転させてプログラムに従った加工を開始すると同時に、コンピュータ 5 内のカウンタのカウンタ値 (時間)  $t$  をリセットしてカウントを開始する (ステップ S 3)。

【0050】次いで、今回の加工条件に合致したデータテーブルを選択する (ステップ S 4)。ここでは、加工軸 1 の回転数  $N$  が 5000 から 8000 rpm に変化したから、データテーブル B (図 2 (b)) が適正データテーブルとして選定される。次いで、データテーブル B における平衡時間  $T_{max}$  を読み込む (ステップ S 5)。ここでは  $T_{max} = 720 sec$  である。

【0051】次いで、ステップ S 6 に進み、カウンタ値  $t$  が最初の補正タイミングである 48 秒に達したら、データテーブル B における 48 秒に対応する熱変位量  $S$ 、すなわち  $1 \mu m$  だけ加工テーブル 8 を加工軸 1 から遠ざかる方向に移動させるべく、NC 装置 4 に命令を発する。次いで、カウンタ値  $t$  が平衡時間  $T_{max}$  以内であ

る ( $t < T_{max}$ ) か否かを判別し (ステップ S 7)、その判別の結果、 $t < T_{max}$  である場合はステップ S 8 に進む。当初は  $t = 48$  秒経過直後であるので答が「YES」となり、ステップ S 8 に進む。次いで、ステップ S 8 では、次の工具交換命令があったか否かを判別する。

【0052】 $\phi 10 mm$  の工具での加工では、当初の仮定で加工所用時間が 720 秒以上であるとしたので、ステップ S 8 で「YES」となる以前にステップ S 7 で「NO」となり、従って、カウンタ値  $t$  が 720 秒に達したとき前記ステップ S 7 から前記ステップ S 9 に進むことになる。ステップ S 9 では、加工テーブル 8 の移動による補正は停止し、すなわち加工テーブル 8 はそのまま待機する。この状態では、加工軸 1 とワーク 9 との相対位置は、加工軸 1 による加工送りによってのみ変化していく。次回の工具交換命令があった場合に前記ステップ S 1 に戻る。

【0053】このように、途中で工具交換等により加工軸 1 の回転数  $N$  が変更されても、適正なデータテーブルを選定することで適切なタイミングと量による補正をすることができる。

【0054】なお、加工軸 1 の回転数  $N$  が 8000 から 20000 rpm に変更になったときは、データテーブル C (図 2 (c)) が選定され、上記と同様の補償加工処理がなされる。

【0055】このような加工方法により、従来は  $20 \mu m$  程度発生していた深さ方向の加工誤差が  $5 \mu m$  程度に収まるようになった。

【0056】本実施の形態によれば、加工軸 1 の熱変位量  $S$  と経過時間  $T$  との関係を示すデータテーブルを加工軸 1 の変更前の回転数と変更後の回転数とで規定される条件毎に予め作成し、それをコンピュータ 5 に登録しておき、加工時にはこのデータテーブルを利用して熱変位量  $S$  を補償するようにしたので、加工軸 1 の回転に起因する熱変位量を補償してワーク 9 の加工精度を向上することができる。しかも、加工開始当初から補正をするので、ならし運転等を必要とせず、直ちに実際の加工を行うことができる。また、変更前後の回転数の組み合わせ毎にデータテーブルを設けたので、途中で加工条件が変更になった場合でも、対応するデータテーブルが登録されていれば、その加工条件下での補償を適切に行うことができる。

【0057】また、データテーブルにおける熱変位量  $S$  は、適正な時間間隔毎に対応して設定したので、小刻みな補正により適正な補償を図ることができる。さらに、補正単位はワーク 9 の加工精度を考慮して設定されるので、所望の加工精度を得るのに適した単位での補正により適切な補償を図ることができる。また、カウンタ値  $t$  が平衡時間  $T_{max}$  に達したら加工テーブル 8 の移動による補正を停止するようにしたので、過補正を防止する

ことができる。

【0058】よって、速やかに加工を開始することができると共に、回転に伴って生じる加工軸の熱変位量を補償して加工精度を向上することができる。

【0059】なお、本実施の形態では熱変位量Sを加工軸1の回転によるものに限定して説明したが、これに限るものでなく、加工に伴って生じる加工軸1の変位量であれば、種類や変位方向を問わずに適用可能である。

【0060】なお、本実施の形態では、加工送りは加工軸1の移動により行い、熱変位量補償のための送りは加工テーブル8の移動により行うようにしたが、これに限るものでなく、加工軸1と加工テーブル8のいずれかまたは双方で加工送りを行い、熱変位量補償のための送りを加工軸1と加工テーブル8のいずれかまたは双方で行うようにしてもよい。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1に係る工作機械における加工方法または請求項10に係る工作機械における加工装置によれば、速やかに加工を開始することができると共に、加工に伴って生じる加工軸の変位量を補償して加工精度を向上することができる。

【0062】本発明の請求項2に係る工作機械における加工方法または請求項11に係る工作機械における加工装置によれば、加工軸の駆動に伴う熱変位量を補償して加工精度を向上することができる。

【0063】本発明の請求項3に係る工作機械における加工方法または請求項12に係る工作機械における加工装置によれば、テーブルが登録された加工条件下での加工精度を向上することができる。

【0064】本発明の請求項4に係る工作機械における加工方法または請求項13に係る工作機械における加工装置によれば、途中で加工条件が変更になる場合でも、登録された変更前後の組み合わせの加工条件下での加工精度を向上することができる。

【0065】本発明の請求項5に係る工作機械における加工方法または請求項14に係る工作機械における加工装置によれば、加工軸の回転に起因する熱変位量を補償

して加工精度を向上することができる。

【0066】本発明の請求項6に係る工作機械における加工方法または請求項15に係る工作機械における加工装置によれば、小刻みな補正により適正な補償を図ることができる。

【0067】本発明の請求項7に係る工作機械における加工方法または請求項16に係る工作機械における加工装置によれば、小刻みな補正により適正な補償を図ることができる。

【0068】本発明の請求項8に係る工作機械における加工方法または請求項17に係る工作機械における加工装置によれば、所望の加工精度を得るのに適した単位での補正により適切な補償を図ることができる。

【0069】本発明の請求項9に係る工作機械における加工方法または請求項18に係る工作機械における加工装置によれば、過補正を防止して適切な補償を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る工作機械における加工装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】同形態におけるデータテーブルの一例を示す図である。

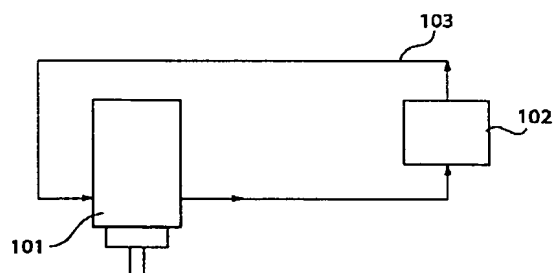
【図3】同形態における補償加工処理のフローチャートを示す図である。

【図4】従来の工作機械における加工装置の構成を示す図である。

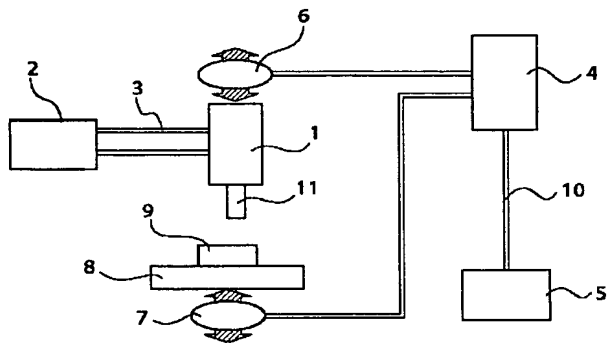
【符号の説明】

- 1 加工軸
- 2 外部冷却器
- 3 加工軸冷却油循環経路
- 4 NC装置（加工制御手段）
- 5 パーソナルコンピュータ（加工制御手段）
- 6 Z軸駆動部
- 7 W軸駆動部
- 8 加工テーブル
- 9 ワーク（被加工物）
- 10 データバス

【図4】



【図 1】



【図 2】

テーブルA

(a)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	T (sec)	0	36	72	108	144	180	240	300	380	460	540	720	900 以上

テーブルB

(b)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	T (sec)	0	48	96	144	192	240	400	560	720 以上

テーブルC

(c)	S (μm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	T (sec)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	340	380	420	510	600	900 以上

【図3】

